SOLUBILIZAÇÃO DE FOSFATO NATURAL EM RELAÇÃO A CALAGEM E DIFERENÇA DE APROVEITAMENTO POR VARIEDADES DE SOJA.

JOÃO BAPTISTA PALHANO

Orientador: PROF. DR. TOSHIAKI KINJO

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura “Luiz de
Queiroz”, da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Solos e Nutrição de
Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Março - 1980

À memória de meu PAI.

À minha esposa Neusa,
pelo incentivo e
compreensão.

Ao meu filho Marcelo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço às seguintes pessoas e instituições que direta ou indiretamente colaboraram na execução deste trabalho:

- Prof. Dr. Toshiaki Kinjo.
- Dr. Hipólito A. A. Mascarenhas.
- Prof. Dr. Dêcio Barbin.
- Prof. Dr. Ronaldo Ivan Silveira.
- Colegas Jaime A. de Almeida e Helenita Antonio.
- Sr. Ângelo Smaniotto.
- EMBRAPA, através do Centro Nacional de Pesquisa de Soja.
- Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Í N D I C E

	Página
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	6
3.1. Estudos gerais sobre o fósforo	6
3.2. Solubilidade e solubilização dos fosfatos.....	8
3.3. Extratores químicos de fósforo	12
3.4. Efeito de fosfatos na cultura da soja.....	15
3.5. Diferenças entre variedades	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. Seleção preliminar do solo	19
4.2. Coleta do solo, preparo e caracterização física e química	20
4.3. Esquema de tratamentos e delineamento experimental	21
4.4. Determinação da quantidade de Ca(OH)_2 e aplicação	22
4.5. Preparo e aplicação dos fosfatos	23
4.6. Local e início de execução	23

	Página
4.7. Experimento em casa de vegetação	24
4.8. Amostragens e análises do fósforo do solo.....	25
4.9. Análises químicas de tecido	26
4.10. Análises estatísticas	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Avaliações biológicas	27
5.1.1. Avaliação dos tratamentos de solo so-	
bre algumas características vegetais..	27
5.1.1.1. Altura das plantas	27
5.1.1.2. Número de internódios	28
5.1.1.3. Peso de folhas	28
5.1.1.4. Peso de caules	29
5.1.1.5. Peso de raízes	29
5.1.2. Comportamento, entre variedades, algu-	
mas características vegetais	31
5.1.2.1. Altura de plantas	31
5.1.2.2. Número de internódios	41
5.1.2.3. Peso de folhas	41
5.1.2.4. Peso de caules	41
5.1.2.5. Peso de raízes	43
5.2. Avaliações químicas	43
5.2.1. Avaliação dos tratamentos de solo so-	
bre os teores de fósforo	43

5.2.1.1.	Teor de fósforo contido na parte aérea vegetal	43
5.2.1.2.	Fósforo do solo aos 30 dias de incubação	45
5.2.1.3.	Fósforo do solo aos 240 dias de incubação	52
5.2.2.	Comparação entre variedades	52
5.2.3.	Comparação entre extratores	53
5.2.3.1.	Fósforo do solo aos 30 dias de incubação	53
5.2.3.2.	Fósforo do solo aos 240 dias de incubação	56
5.3.	Estudo da correlação entre extratores e produção de matéria seca	56
5.3.1.	Matéria seca da parte aérea	56
5.3.2.	Matéria seca radicular	57
6.	CONCLUSÕES	64
7.	SUMMARY	66
8.	LITERATURA CITADA	68

APÊNDICE

1. RESUMO

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, com os objetivos: a) Estudar a diferença de capacidade de absorção de fósforo por variedades de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). b) Comparar a eficiência do fornecimento de P às plantas ao se usar fosfato natural (F. Alvorada) e fosfato solúvel (fosfato monocálcico). c) Verificar a influência da acidez na solubilização do fosfato natural. d) Testar os seguintes extratores de fósforo, Mehlich, Bray 2 e Olsen quanto à capacidade de melhor se correlacionar com a produção vegetal de matéria seca.

O trabalho foi conduzido em um solo Podzólico Vermelho Amarelo, variação Piracicaba, Série Godinhos (PVA), onde se usou os seguintes tratamentos: fosfato monocálcico (T₁) Fosfato Alvorada (T₂) e Testemunha (T₃) incubados em pH 6,5 e Fosfato Monocálcico (T₄), Fosfato Alvorada (T₅) e Testemunha (T₆) incubados em pH 5,0 com correção imediata para o plantio.

As variedades de soja estudadas foram: Bragg (V₁), Paraná (V₂) e Santa Rosa (V₃) e o estudo com extratores de fósforo foi com os métodos de Mehlich, Bray 2 e Olsen (modificado).

Além das avaliações químicas nas plantas e no solo procedeu-se também avaliações biológicas através de: altura de plantas, número de internódios, peso de caules, peso de folhas e peso do sistema radicular aos 62 dias após a emergência.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões para as condições deste trabalho:

- A variedade Paraná é mais sensível a fósforo do que as demais estudadas.
- O fosfato Alvorada apresenta menor eficiência no fornecimento de P às plantas do que o fosfato monocálcico.
- A acidez do solo exerce influência no aumento da solubilização do fosfato Alvorada.
- O método de Olsen (modificado) apresenta as melhores correlações com a produção vegetal de matéria seca.

2. INTRODUÇÃO

O fósforo é um elemento essencial às plantas, e assim sendo é insubstituível nas suas funções dentro do vegetal, pois participa dos chamados compostos ricos em energia sendo o mais comum o trifosfato de adenosina, ATP.

A ciclagem do fósforo na natureza não é tão eficiente quanto as do CO_2 e N_2 , estimando-se perdas anuais de 3,5 milhões de toneladas do elemento que se deposita no fundo do mar, Cole (1958) citado por EPSTEIN (1975) e o seu retorno através do guano de aves marinhas e dos peixes é relativamente muito pequena.

As explorações agrícolas em áreas pobres em fósforo disponível, exigem a colocação deste através de suficientes adubações para complementar o fornecimento às plantas. A partir de 1967 o consumo de adubos no Brasil sofreu um elevado incremento, superando com larga margem a taxa média mundial, ANDA (1975).

Evidentemente vários fatores contribuíram para esta situação e, sem dúvida alguma, a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) acha-se engajada neste processo, haja visto que quando o cultivo se dá em condições de baixa disponibilidade de P são amplas as perspectivas de resposta à fertilização fosfatada.

A prática mais usual entre os agricultores brasileiros, consiste primeiramente em se corrigir o pH para posterior adubação fosfatada, todavia, existem resultados experimentais indicando melhor eficiência dos fosfatos naturais quando antecedem por certo tempo a calagem.

Existem evidências de que as variedades se comportam distintamente quanto a reação às adubações fosfatadas, sendo que as fontes de fósforo e as condições de acidez de solo em que são aplicadas também reagem de formas diferentes.

Trabalhos recentes de NOVAIS e KAMPRATH(1979) que abordam o estudo com extratores químicos de fósforo destacam uma marcante diferença extrativa de P entre os mesmos e, muitas vezes, um método de análise para fósforo pode mostrar-se ineficiente para prever as necessidades de fertilização.

Este conjunto de situações sugeriu que se conduzisse um experimento em casa de vegetação, visando: a) investigar possíveis diferenças entre as variedades de soja; Bragg, Paraná e Santa Rosa quanto à capacidade de absorção de

fósforo via radicular. b) Comparar a eficiência de fornecimento de P às plantas através do uso de fosfato natural (Alvorada) e fosfato solúvel (fosfato monocálcico). c) Verificar a influência do grau de acidez do solo na solubilização do fosfato natural. d) Testar três métodos de extração, Mehlich, Bray 2 e Olsen para identificar qual deles oferece as melhores correlações com a produção vegetal de matéria seca.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Estudos gerais sobre o fósforo

Apesar de ser amplamente estudado, este elemento ainda não é bem compreendido em determinadas situações de relacionamento solo-planta. O comportamento deste elemento nos solos está condicionado a uma série de fatores, e um fator isoladamente pode exercer influências distintas dependendo da situação em que se encontra. Pode-se citar o trabalho de HORTENSTINE (1966) que estuda a fixação deste elemento em solos americanos, e demonstra que a calagem progressiva causou um aumento linear na capacidade de fixação. Em outras condições e em outros solos pode-se ter um aumento na disponibilidade de P, como mostram os resultados obtidos por MASCARENHAS *et alii* (1966).

VOLKWEISS e Van RAIJ (1977) abordando alguns aspectos sobre a disponibilidade e retenção de fósforo nos so-

los, consideram que os teores totais deste elemento estão contidos na faixa de 100 a 2.000 ppm. Geralmente se apresenta como componente integrante de compostos sólidos, orgânicos e inorgânicos pouco solúveis (P-sólido) e apenas uma pequena fração dissolvida em solução (P-solução). Destacaram os autores o rápido equilíbrio que ocorre entre certa quantidade do P - sólido com o P-solução. A porção de fósforo envolvida neste processo e que sai das partes sólidas do solo é denominada P-Lábil. Em solos ácidos, o fósforo inorgânico se encontra formando compostos principais como: $\text{Fe}(\text{OH})_2 \text{H}_2\text{PO}_4$, $\text{Al}(\text{OH})_2 \text{H}_2\text{PO}_4$ e complexos de superfície ligados ao Fe e ao Al.

MALAVOLTA (1976) considera que as perdas por lavagem nos solos devem ser muito pequenas, pois além da baixa concentração de P na solução dos solos em geral, a fixação se encarrega de evitar perdas expressivas desta natureza. O elemento é basicamente absorvido pelas plantas na forma de H_2PO_4^- pelo processo de difusão na sua quase totalidade, Barber e Olson (1968) citados por MALAVOLTA (1976) atribuindo este autor uma dependência direta da superfície radicular neste processo.

O papel fundamental do fósforo na vida da planta trata-se da sua participação em compostos energéticos, embora alguns autores como HANSON (1979) admitem que não se reconhece com muito detalhe as implicações funcionais do elemento na planta.

3.2. Solubilidade e solubilização dos fosfatos

Francis (1965) citado por LARSEN (1967) descreve a seguinte equação que mostra o efeito do H^+ na solubilização da hidroxiapatita:

É de se esperar que em solos ácidos com elevada concentração de hidrogênio esta reação seja intensa e o fósforo solúvel deste processo vá formar compostos de P-Al e P-Fe menos solúveis mas que podem solubilizar-se com a elevação do pH. KAMPRATH (1976) trabalhando com fósforo em cultura de milho obteve altas produções com 65 kg/ha de P_2O_5 no solo que foi neutralizado o Al^{3+} , e quando isto não ocorreu foi necessário 150 kg/ha de P_2O_5 para se obter a mesma produção.

Os estudos sobre fertilizantes fosfatados incluem a verificação do grau de eficiência de cada fosfato para as produções agrícolas. Uma das formas largamente empregadas é através do uso de solventes químicos que determinam o grau de solubilidade. Alguns pesquisadores tais como AMES e KITSUTA (1931) chamam a atenção para o fato de que nem sempre as extrações químicas dão indicações satisfatórias quanto ao teor de fósforo disponível às culturas. Assim sendo, a disponibilidade dos fosfatos é melhor compreendida sob o ponto de vista do grau de resposta das culturas e utilização pelas plantas. Con-

sideram ainda que o conhecimento da solubilidade do fósforo em certos fertilizantes, fornece apenas uma medida comparativa de sua provável disponibilidade e eficiência, mas decididamente solubilidade e disponibilidade não devem ser tomados como sinônimos. O trabalho destes autores realça a opinião de muitos pesquisadores de que o uso das plantas e suas capacidades de absorção fornecem informações mais satisfatórias. BRASIL SOBRINHO *et alii* (1965) estudaram a solubilidade em ácido cítrico a 2% do Termofosfato, Hiperfosfato, Fosfato da Flórida, Fosfato de Olinda, Fosfato Alvorada e Apatita do Araxá, e os resultados apontaram a maior solubilidade para o Termofosfato ao passo que os menos solúveis foram o Fosfato Alvorada e a Apatita do Araxá. Os mesmos autores partem da suposição de que os fosfatos mais solúveis em água, citrato de amônio e inclusive o ácido cítrico sejam os mais assimiláveis pelos vegetais.

Vários autores como BENNETT *et alii* (1957), ARMIGER *et alii* (1957) e FÜLEKY (1978) enfatizam uma série de fatores que interagem na disponibilidade de P dos fosfatos de rocha tais como: tipo de solo, calagem e, principalmente, a natureza da fonte. BARTHOLOMEU (1937) estudou a disponibilidade de fosfatos de rocha em solos com diversos graus de acidez utilizando gramínea como planta indicadora. Baseando-se nos resultados verificou que, de um modo geral, os solos ácidos não aumentaram a absorção de P pelas plantas, mas que o teor de fluor conforme a fonte interferiu nos resultados.

Dentro da mesma linha de pesquisa, VOLK(1943) estudou a influência do uso de calcário e do sulfato de amônio nas culturas de linho e sorgo, constatou a ocorrência de melhores respostas do fosfato natural nos solos que não receberam calcário. Quanto ao sulfato de amônio, provocou um abaixamento no pH acompanhado de um aumento na produtividade. Porém, quando o calcário foi misturado com os fertilizantes, em doses necessárias, para a neutralização da acidez do adubo nitrogenado as diferenças não foram significativas em favor do $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

ROSCOE *et alii* (1955) estudaram a influência do pH do meio de cultura da aveia na disponibilidade do fósforo do fosfato de rocha. O meio foi tratado com $\text{Ca}(\text{OH})_2$ de modo a obter uma variação de pH entre 4,9 e 7,4, e as maiores produções com fosfato de rocha ocorreram ao pH 5,5. O mesmo trabalho mostrou que quando o fosfato natural foi aplicado um mês antes da correção do pH a aveia cresceu melhor e absorveu mais fósforo que em situação invertida. Os resultados mostram, ainda, que o aumento progressivo do pH de 6,2 a 7,4 causaram decréscimo nas produções, porém, a uma acidez acentuada de 4,9 houve drástico declínio na mesma. Extrações de fósforo foram feitas em água nos pHs 5,5 e 4,9; sendo que no primeiro extraiu 0,075 ppm P e no segundo 0,22 ppm P indicando maior solubilização ao pH 4,9, mas por algum motivo não foi prontamente absorvido pelas plantas. Uma das explicações sugeridas pelos autores é a liberação de algum elemento do fertilizante em pH 4,9 e que estaria inibindo a absorção de P pela aveia ou causando

toxidez à cultura. Um destes elementos pode ser o fluor que é muito ativo e mais intenso nos fosfatos de rocha, observam os pesquisadores.

Objetivando medir o efeito do nitrogênio, enxofre e calcário no uso de fosfato natural na cultura da alfafa, NICHOLS *et alii* (1960) constataram que nos dois solos estudados N e S não afetaram de forma apreciável a absorção de fósforo, e que os aumentos de produção devido ao superfosfato e ao fosfato de rocha não diferiram significativamente em solos não calcariados. Porém, onde houve calagem o superfosfato mostrou-se melhor que o fosfato natural.

Pesquisas conduzidas com fosfato solúvel e fosfatos de rocha (Moroco Rock e Carolina do Norte) por JUO e KANG (1979) em solos africanos, também demonstram a influência da acidez na solubilização dos fosfatos naturais. Os resultados obtidos nos solos não calcariados exibem melhor eficiência do fosfato de Rocha Carolina do Norte sobre o superfosfato triplo, enquanto que sob o uso do corretivo da acidez inverteu-se a ordem de eficiência.

A inferioridade dos fosfatos naturais em relação aos fosfatos solúveis na faixa de pHs mais adequados para as plantas em geral, empenhou muitos pesquisadores em estudos de acidificação de fosfatos. TERMAN *et alii* (1964) trabalharam nesse sentido e consideram os ácidos sulfúricos, fosfóricos e nítricos os mais usados para a produção do superfosfa-

to ou outros fosfatos solúveis em água ou citrato. Igualmente, como vários outros autores, compartilham na opinião de que a rocha é usualmente muito menos eficiente no crescimento das culturas do que os fosfatos solúveis.

Também o fenômeno da fixação do fósforo nos solos, induziu a experimentação a trabalhos com acidificação fracionária dos fosfatos e vários estudiosos como McLEAN e WHEELER (1964), LUTZ (1971) e novamente McLEAN e WHEELER (1965) e LUTZ (1973) pesquisaram esta modalidade de acidificação obtendo resultados promissores com cerca de 20% de acidificação do fosfato de rocha.

3.3. Extratores químicos de fósforo

Entre vários trabalhos que estudaram a disponibilidade do fósforo para os solos do Rio Grande do Sul encontra-se o de ANGHINONI (1974) que investigou a recuperação de P aplicado em níveis crescentes na forma de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, utilizando-se os métodos Carolina do Norte, Bray 2, Olsen e Morgan. O método Carolina do Norte forneceu a melhor correlação entre o P extraído pela planta e o fósforo nativo, entretanto, Bray 2 e Olsen apresentaram maior e menor capacidade de recuperação, respectivamente.

GOEPFERT (1976) avaliando a eficiência de adubos fosfatados em solos ácidos, através do método de Mehlich,

relata que os teores mais elevados de fósforo procedem de onde se usou fosfatos naturais podendo com isto subestimar a recomendação de adubo fosfatado.

Outras pesquisas conduzidas por FEITOSA e Van RAIJ (1976) em seis fontes de fósforo, com as culturas de trigo e milho e os extratores H_2SO_4 0,05N, Bray 2 e Olsen também obtiveram maiores teores do elemento no caso dos tratamentos com Apatita de Araxá e Hiperfosfato submetidos aos extratores ácidos. Sugerem os autores a dissolução daqueles fosfatos por estes extratores e observam ainda que com o tempo o Hiperfosfato tendeu a se igualar aos fosfatos mais solúveis ao extrair-se com H_2SO_4 0,05 N e Bray 2. Já o método de Olsen acusou os menores teores, mas melhor correlacionou-se com a produção e absorção de P pelas plantas.

A eficiência do método de Olsen aqui no Brasil também foi relatada por PEREIRA e FARIA (1978), quando trabalharam em um Vertissolo da Bahia com cultivo de milho. O método mostrou elevada eficiência na avaliação do P disponível para essa cultura neste tipo de solo.

O método Bray 1 de extração foi utilizado por CHIEN (1978) em um trabalho que visava avaliar o teor de fósforo de um solo ácido tratado com fosfato de rocha. No caso de fosfatos naturais com boa reatividade, 80 dias de incubação em sala comum foi suficiente para obter o máximo de reação e no caso de fosfatos menos reativos torna-se necessário um período

maior, pois seguramente uma parcela do fósforo extraído pelo método é derivado de fosfato de rocha que ainda não reagiu.

Os pesquisadores que têm experimentado extratores em solos que receberam fosfato natural têm chegado a um denominador comum nos seus resultados, FEITOSA (1978), SFREDO *et alii* (1979) são unânimes ao considerar os teores excessivos de P que os extratores ácidos indicam nos solos tratados com estes fosfatos e a falta de correspondência na produção.

NOVAIS e KAMPRATH (1979) trabalhando com os métodos Bray 1, Carolina do Norte e Olsen, verificaram que as quantidades de P extraídas de um solo mais argiloso pelo método Bray 1 foram bem menores que nos outros mais arenosos e atribuem a um consumo de ácido mais diluído que é o Bray 1 pelo maior teor de argila. O trabalho desses autores elucidou o comportamento distinto de um mesmo extrator quando se varia o tipo de solo.

Outros pesquisadores também têm obtido constatações de natureza similar como é o caso dos resultados conseguidos por FARIA e PEREIRA (1979) ao estudarem Bray 1 e Mehlich em Vertissol e Oxissol, pois no último solo o método Bray 1 extraiu mais P do que Mehlich enquanto que no Vertissol a situação foi invertida.

Van RAIJ (1978) observa sobre uma possível restrição ao uso de extratores ácidos no Brasil (com possível ex-

ção ao Bray 1) devido principalmente ao fato de dissolverem a apatita dos fosfatos naturais e em solos ácidos adubados espera-se que o P-Lábil esteja em grande parte como P-Al, o que requer então outros métodos como Bray 1, Resina e Olsen.

3.4. Efeito de fosfatos na cultura da soja

A literatura sobre a fertilidade na cultura da soja faz uma série de alusões sobre os efeitos causados e a diferença de reação entre as variedades. INFORZATO e MASCARANHAS (1969) estudaram o sistema radicular da variedade Pelicano em Latossolo Roxo adubado e sem adubo e verificaram que com relação ao total de raízes na presença e ausência de adubo não houve diferença, entretanto, o superfosfato simples utilizado acarretou um aumento de raízes finas a partir de certa profundidade. BRAGA (1970) descrevendo resultados experimentais com fosfato de Araxá e outras fontes considera que as leguminosas têm alto poder de aproveitamento de fósforo devendo, desta forma, apresentar melhores probabilidades de resposta aos fosfatos naturais do que as monocotiledôneas. Porém, MASCARANHAS (1974) trabalhando em Latossolo Roxo do Estado de São Paulo, usou várias doses de P_2O_5 no plantio da soja e não obteve resposta para o fertilizante fosfatado apesar dos baixos teores indicados pela análise de solo. Interpretou como uma provável ineficiência do método de extração do P disponível à soja neste solo.

GOEPFERT (1975) comparou cinco fontes de fós-

foro como adubação corretiva no primeiro ano e de manutenção em cada semeadura de soja, em dois níveis de calcário no Rio Grande do Sul, e concluiu que o corretivo da acidez aumentou o rendimento de grãos de soja e a eficiência de todos os fosfatos inclusive os naturais, esta última conclusão é contrária aos resultados obtidos por ROSCOE *et alii* (1955) com a cultura da aveia. ABRÃO (1975) estudou o comportamento da soja diante da aplicação de Superfosfato Triplo, Hiperfosfato e Escória de Thomas em Oxissolo Santo Ângelo (R.S.) e só obteve diferença significativa para as doses pois entre fontes não houve distinção. Estes resultados são coerentes com as observações de BRAGA (1970) sobre a possibilidade de sucesso no uso de fosfatos naturais em leguminosas. Constatação desta natureza também foi obtida por VIANNA *et alii* (1977) ao utilizarem a variedade Bragg nas seguintes fontes de fósforo: Superfosfato Simples, Superfosfato Triplo, Hiperfosfato, Escória de Thomas e Termofosfato.

Alguns dos vários efeitos produzidos pelo fósforo na cultura da soja aparecem nas características vegetais, como produção de grãos, alturas de planta e de inserção das primeiras vagens. MUZILLI e PALHANO (1976) trabalharam com curvas de resposta da cultura de soja à adubação fosfatada e potássica em LRd no Paraná e a cada aumento na dose de P_2O_5 obtiveram determinados acréscimos na produtividade, alturas de planta e inserção das primeiras vagens.

BRAGG *et alii* (1978) estudaram o efeito de uma série de fosfatos naturais no crescimento e produção de soja e os resultados deste experimento deixou bem caracterizado a baixa reatividade das apatitas (Catalão, Patos de Minas e Araxá) enquanto que os fosfatos de alumínio (Fospal e Maranhão) e o Fosfato de Gafsa mostraram-se mais promissores, cabendo finalmente as melhores eficiências ao Termofosfato magnésiano (Yoorin) e ao Superfosfato Triplo.

CORDEIRO *et alii* testaram o fosfato de Patos de Minas e o Fosfato de Gafsa em comparação ao Superfosfato Triplo aplicados na cultura da soja. A eficiência destes fosfatos foi aferida com base na produção de grãos e seus valores para o Fosfato de Gafsa estão bem próximos do Superfosfato Triplo enquanto que a apatita é menos eficiente das fontes.

3.5. Diferenças entre variedades

PAULA LIMA *et alii* (1974) conduziram experimentos com adubação fosfatada em variedades de soja e obtiveram respostas diferentes. A variedade UFV-1 foi mais produtiva que Santa Rosa quando cultivada na ausência de adubo, porém com 200 kg/ha de P_2O_5 as duas se igualaram. Resultados obtidos por MALAVOLTA *et alii* (1974) também ilustram esta diferença de comportamento entre as variedades, através de resultados experimentais que indicam melhores respostas da variedade Mineira que a Pelicano devido a adubação com fósforo e potássio.

Apesar da escassez de pesquisa sobre este assunto, aquelas em que foi possível o acesso revelam a distinção de comportamento varietal ao se utilizar adubos fosfatados. CAMPELLO *et alii* (1974) comentam os seus resultados fazendo alusão à melhor resposta a fósforo da variedade Bragg que da Santa Rosa cultivadas em Oxissolo do Rio Grande do Sul. MOURA *et alii* (1974) com base nos seus resultados relatam que a variedade Pérola semiprecoce, tendeu a responder aos níveis de adubação mais altos recomendados pelos laboratórios. O depoimento destes autores aliado aos comentários de CAMPELLO *et alii* (1974) e, mais tarde, aos de KOLLING *et alii* (1976) reforçam a opinião de que as variedades de ciclos mais curtos são mais exigentes em termos de fertilidade.

A grande maioria dos trabalhos usa com maior amplitude os pesos da produção vegetal para avaliar os resultados. Entretanto, BATAGLIA *et alii* (1977) promoveram uma competição mineral das sementes de nove cultivares de soja e, entre elas, destacou-se a cultivar Santa Rosa com baixo teor de fósforo e IAC-2 em situação oposta com altos teores do elemento.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Seleção preliminar do solo

Para o cumprimento dos objetivos deste trabalho, procurou-se um solo capaz de oferecer respostas bem acentuadas da cultura da soja à adubação fosfatada e que originalmente apresentasse acidez média.

É frequente os teores de fósforo nos solos indicados pelo extrator químico não oferecerem fiel correlação com as respostas da cultura e devido a isso complementou-se a análise de laboratório com um teste preliminar em dois solos: Latossolo Vermelho Escuro orto Série Guamium (LVE) e Podzólico Vermelho Amarelo, variação Piracicaba, Série Godinhos (PVA), segundo RANZANI *et alii* (1966).

Os dois solos correspondem, respectivamente, ao Typic Haplorthox de acordo com LEPSCH e BUOL (1974) e Aquic Dystropets segundo DEMATTÊ *et alii* (1977).

Os solos submeteram-se a presença e ausência de adubo fosfatado, plantando-se a variedade Bragg como indicadora. O solo da Série Godinhos revelou-se o mais indicado para o trabalho.

4.2. Coleta do solo, preparo e caracterização física e química

Foi coletada a camada superficial do solo na profundidade de 20 cm do perfil, sendo em seguida seca ao ar e submetida à peneira de 2 mm.

A análise física de caracterização do solo mostrou os seguintes teores: 15% de areia, 55% de limo e 30% de argila.

A análise química forneceu os seguintes resultados expressos em e.mg/100 g TFSA:

$$\begin{array}{ll} \text{Ca}^{2+} = 3,00 & \text{Al}^{3+} = 1,7 \\ \text{Mg}^{2+} = 0,91 & \text{H}^{+} + \text{Al}^{3+} = 6,5 \\ \text{K}^{+} = 0,30 & \end{array}$$

e os demais resultados assim se apresentaram:

$$\text{pH em água} = 5,1; \quad \text{C\%} = 0,9 \quad \text{e} \quad \text{P(ppm)} = 6,7.$$

Todas as determinações foram feitas seguindo a metodologia proposta por CATANI e JACINTHO (1974).

4.3. Esquema de tratamentos e delineamento experimental

Foi estudado o comportamento de três variedades de soja: Bragg (V₁), Paraná (V₂) e Santa Rosa (V₃) quando adubadas com fosfato solúvel (fosfato monocálcico), fosfato natural (fosfato Alvorada) e sem fertilizante fosfatado.

Os tratamentos de solo estão assim representados:

T₁ = Fosfato Monocálcico em incubação após a calagem

T₂ = Fosfato Alvorada em incubação após a calagem

T₃ = Sem fosfato após a calagem

T₄ = Fosfato Monocálcico em incubação anterior a calagem

T₅ = Fosfato Alvorada em incubação anterior a calagem

T₆ = Sem fosfato anterior a calagem.

Os fosfatos ficaram 240 dias incubando e o Ca(OH)_2 empregado como corretivo da acidez permaneceu 15 dias em incubação.

O delineamento experimental constitui um ensaio fatorial de 6 x 3, inteiramente ao acaso com quatro repetições.

Quadro da Análise

Causa da variação	GL
Tratamentos (T)	5
Variedades (V)	2
Int. T x V	10
Parcelas	(17)
Resíduo	54
Total	71

4.4. Determinação da quantidade de Ca(OH)_2 e aplicação

A determinação da quantidade de hidróxido de cálcio para elevar o pH até 6,5 foi feita através da incubação do solo com doses crescentes de Ca(OH)_2 .

Foi uniformemente aplicado 9,27 g de Ca(OH)_2 no solo de cada vaso e, em seguida, irrigou-se com água destilada até 60% da capacidade máxima de retenção de água. Logo após o período de incubação do solo com o corretivo foi atingido o pH 6,6.

Cada vaso recebeu 4,6 kg de TFSA.

4.5. Preparo e aplicação dos fosfatos

Como fontes de fósforo foram utilizados os seguintes fosfatos:

Fontes de fósforo empregadas	P solúvel em água	P solúvel em ác. cítrico 2% 1:1000	P total
Fosfato monocálcico	40%	42%	45%
Fosfato Alvorada	0%	5%	27%

Os fosfatos passaram totalmente em peneira de "200 mesh", e os tratamentos que receberam fósforo de uma ou de outra fonte foram dosados com 100 ppm de P baseando - se em seus respectivos teores de fósforo total. Este valor corresponde às seguintes quantidades dos fosfatos por vaso: 1,87 g de $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ e 3,91 g de fosfato Alvorada.

4.6. Local e início de execução

O experimento iniciou-se em 1977 e foi conduzido em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". O solo utilizado foi condicionado em vasos de barro, pintados internamente com "Neutrol" e com capacidade para receber 5 kg de Terra Fina Seca ao Ar (TFSA).

4.7. Experimento em casa de vegetação

As sementes de soja procederam do Centro Nacional de Pesquisa de Soja, e foram para o germinador de areia em 15/08/79 para serem transplantadas seis plântulas por vaso, número este que permaneceu durante uma semana quando então desbastou-se reduzindo para quatro plantas por vaso.

Diariamente foi controlada a umidade conforme a demanda de água, e o período de luz natural foi complementado por mais quatro horas de iluminação com lâmpadas incandescentes, para controle do fotoperíodo devido a semeadura fora de época.

Aos vinte e cinco dias após a emergência, o solo recebeu um equivalente a 20 ppm de N através da água de irrigação e, em seguida, foi usada a seguinte adubação foliar:

<u>Produto</u>	<u>Concentração</u>
$\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	500 g/100 ml H_2O
$\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	500 g/100 ml H_2O
Mg SO_4	2 g/1000 ml H_2O

Para controle de trips, as plantas foram pulverizadas com Decamethrin na concentração de 25%.

Sessenta e dois dias após a emergência, as plantas foram fotografadas, tomou-se a medida de suas alturas

(cm) acompanhando a contagem do número de internódios. Na mesma ocasião as plantas foram cortadas a 2 cm da superfície do solo, fazendo-se coleta de folhas e caules separadamente. O sistema radicular também foi aproveitado para obtenção do seu peso seco.

Todo o material colhido foi imediatamente seco em estufa a temperatura de 70°C, para posterior registro dos pesos e moagem.

4.8. Amostragens e análises do fósforo do solo

Aos 30 e 240 dias de incubação com fosfatos, todos os tratamentos foram amostrados para as análises de fósforo.

As extrações deste elemento foram feitas empregando-se os seguintes métodos:

- a) Método de Mehlich (NELSON *et alii*, 1954), que será designado por "E₁", neste trabalho.
- b) Método Bray 2 (BRAY e KURTZ, 1945) - "E₂"
- c) Método de Olsen (OLSEN *et alii*, 1954) com ligeira modificação, não se utilizando cávão ativado e introduzindo o uso de superfloco 127 na concentração de 0,5 g/10 lt- "E₃".

4.9. Análises químicas de tecido

As determinações de P e outros elementos do tecido foliar foram feitas seguindo-se a metodologia adotada pelo Instituto Agronômico do Paraná.

4.10. Análises estatísticas

Foram feitas análises de variância com desdobramento do número de grau de liberdades, utilizou-se o teste de Tukey 5% e foi também usado teste de correlação linear.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliações biológicas

5.1.1. *Avaliação dos tratamentos de solo sobre algumas características vegetais*

Os tratamentos de solo empregados mostraram diferenças significativas entre si dentro de cada uma das variedades estudadas em todas as características contidas na Tabela 1.

5.1.1.1. *Altura das plantas*

O contraste das médias gerais do efeito dos tratamentos na altura das plantas, Tabela 3; evidencia diferenças significativas entre o fosfato solúvel, fosfato natural e testemunha independentemente da ordem de correção da acidez, porém, não houve influência da ordem de correção da acidez no efeito dos fosfatos.

As comparações entre tratamentos dentro de cada uma das variedades estudadas são semelhantes à apresentação anterior e em quase todos os casos o fosfato monocálcico superou o Fosfato Alvorada que, por sua vez, foi superior a testemunha. Trabalhos com níveis crescentes de fosfato solúvel em LRd no Paraná conduzidos por MUZILLI e PALHANO (1976) realçam o efeito do fósforo na altura das plantas de soja, cultivadas em condições de resposta ao elemento. A Figura 1 mostra o efeito das fontes de P na altura das plantas.

5.1.1.2. Número de internódios

Esta característica vegetal também foi influenciada pelas fontes de fósforo empregadas sendo que também a ordem de influência tanto para as médias gerais independente de variedade como dentro de cada uma delas ficou assim situada: Fosfato Monocálcico, F. Alvorada e Testemunha. Estas considerações foram extraídas da Tabela 4 a qual permite também observar a não influência das duas condições de aplicação do Ca(OH)_2 .

5.1.1.3. Peso de folhas

Os dados da Tabela 5 colocam o fosfato solúvel em condição de superioridade aos demais tratamentos, comprovando os resultados de CORDEIRO *et alii* (1979) que obtiveram uma eficiência relativa do Superfosfato Triplo superior aos fosfatos naturais empregados. O Fosfato Alvorada foi estatisticamente superior à testemunha com exceção dos dois últi-

mos tratamentos dentro das variedades Bragg e Santa Rosa.

Uma análise comparativa entre a ordem de aplicação do corretivo da acidez, por exemplo, T₁, T₂ e T₃ com T₄, T₅ e T₆, respectivamente, demonstra diferenças entre os tratamentos que receberam fosfato, favorecendo aqueles que foram aplicados em condição de solo com pH próximo de 6,5.

5.1.1.4. *Peso de caules*

Esta característica também foi estudada e a comparação entre as médias se encontra na Tabela 6. Igualmente como nas características anteriores o fosfato monocálcico produziu efeitos superiores ao fosfato natural e este também foi melhor que a testemunha com exceção dos últimos dois tratamentos dentro das variedades Bragg e Santa Rosa.

As respectivas comparações de T₁, T₂ e T₃ com T₄, T₅ e T₆ confrontam a ordem de aplicação do corretivo da acidez, com resultados favoráveis às fosfatagens em condições de solo com pH próximo de 6,5.

5.1.1.5. *Peso de raízes*

Os resultados da Tabela 7 e a Figura 2 revelam a sensibilidade do sistema radicular às fontes de fósforo.

O fosfato solúvel proporcionou o maior peso de raízes seguido pelo fosfato natural e por último a testemunha. O Fosfato Alvorada somente igualou-se a testemunha quando

foi aplicado em condições de solo com pH próximo de 5,0 dentro das variedades Bragg e Santa Rosa. A confrontação da ordem de aplicação do corretivo demonstra diferenças estatísticas significativas, com exceção do fosfato natural (T₂ e T₅) na variedade Paraná e das testemunhas (T₃ e T₆) na variedade Santa Rosa.

O sistema radicular da cultura da soja já tem sido objeto de estudo por vários pesquisadores. INFORZATO e MASCARANHAS (1964) estudaram o sistema radicular desta cultura em Latossolo Roxo na presença e ausência de fósforo e embora não tenham constatado diferenças significativas de peso, verificaram um aumento de raízes finas onde se processou a adubação.

Todas as características abordadas até o momento como: altura de plantas, número de internódios, peso de folhas, peso de caules e peso de raízes atingiram seus maiores valores sob o efeito do fosfato monocálcico de que sob a influência do fosfato natural, isto se deve à menor solubilidade do último em relação ao primeiro. BRASIL SOBRINHO *et alii* (1965) estudando a solubilidade de diversos fosfatos em ácido cítrico a 2%, constataram que o Fosfato Alvorada e a Apatita de Araxá foram os adubos menos solúveis, com curvas de solubilidade muito semelhantes. Realçam ainda os mesmos autores a concepção geral de que os adubos mais solúveis em água, citrato de amônio e mesmo ácido cítrico são os mais assimiláveis pelos vegetais.

A diferença encontrada no confronto das ordens de aplicação do corretivo da acidez nos pesos de folhas, peso de caules e peso de raízes, não permite atribuir-se aos efeitos de maior ou menor solubilização do fosfato natural, pois os dados das Tabelas 2 e 4 no Apêndice revelam uma interferência do Mn nos tratamentos T₄, T₅ e T₆, tendo em vista seus elevados teores quando comparados com os da Tabela 5 no Apêndice, proposta por JONES (1966 e 1968).

5.1.2. *Comportamento, entre variedades, algumas características vegetais*

As variedades usadas neste experimento submeteram-se a análise de variância especificada na Tabela 2. Pode-se verificar que as características vegetais contidas na Tabela apresentaram vários casos de diferenças não significativas entre variedades.

5.1.2.1. *Alturas de Plantas*

O contraste entre as médias das variedades dentro de tratamentos, Tabela 3 e Figura 3, acusam uma superioridade da Bragg sobre as demais, exceptuando-se em T₅ onde não diferiu e em T₆ quando apenas superou a variedade Santa Rosa, embora a tendência nestes dois últimos tratamentos seja semelhante aos anteriores. A similaridade do comportamento das variedades dentro de tratamentos exclui a influência de cada uma das fontes de fósforo no resultado da competição entre elas.

Tabela 1 - Análise de variância das características vegetais e do teor de fósforo contido na parte aérea vegetal, com desdobramento do número de graus de liberdade de tratamentos e da interação.

CAUSA DA VARIACÃO	G.L.	Q U A D R A D O S				M É D I O S		
		ALTURA DAS PLANTAS	Nº DE INTERNÓDIOS	PESO DE FOLHAS	PESO DE CAULES	PESO DE RAÍZES	TEOR DE FÓSFORO CONTIDO NA PARTE AÉREA	
TRATAMENTOS d. V ₁	5	1.219.3680**	4,1964**	44,9582**	22,4961**	19,5059**	133,9095**	
TRATAMENTOS d. V ₂	5	1.402.6680**	5,1732**	39,4944**	28,6518**	12,7270**	154,7859**	
TRATAMENTOS d. V ₃	5	1.184,2740**	7,8215**	39,2272**	15,7089**	20,3154**	125,4692**	
VARIEDADES (V)	2	1.379,2900**	2,3853**	0,6357n.s.	4,0554**	9,4001**	3,2067n.s.	
RESÍDUO	54	35,4768	0,2653	0,4875	0,2640	0,3106	4,3987	
C.V.%		6,3224	5,3803	12,5505	13,5241	15,0540	22,8989	

Tabela 2 - Análise de variância das características vegetais e do teor de fósforo contido na parte aérea vegetal, com desdobramento do número de graus de liberdade de variedades e da interação.

CAUSA DE VARIACÃO	G.L.	Q U A D R A D O S						M É D I O S	
		ALTURA DAS PLANTAS	Nº DE INTERNÓDIOS	PESO DE FOLHAS	PESO DE CAULES	PESO DE RAÍZES	TEOR DE FÓSFORO CONTIDO NA PARTE AÉREA		
VARIEDADES d. T ₁	2	223,0000 **	1,0833*	1,9505*	4,8556**	0,1471 ns	10,4643 ns		
VARIEDADES d. T ₂	2	265,5850 **	2,2520**	0,7394 ns	0,0613 ns	1,1512*	6,6261 ns		
VARIEDADES d. T ₃	2	639,0835 **	1,3489**	0,4773 ns	0,4776 ns	1,3208*	9,9495 ns		
VARIEDADES d. T ₄	2	310,5850 **	0,5781 ns	2,0050 *	1,7733**	5,6110 **	5,1575 ns		
VARIEDADES d. T ₅	2	97,5850 ns	0,2968 ns	3,0659 **	1,0975 *	5,5174 **	2,2150 ns		
VARIEDADES d. T ₆	2	147,9965 *	0,2946 ns	0,2740 ns	0,1825 ns	0,9818 ns	1,6976 ns		
TRATAMENTOS	5	3.684,4920 **	15,8036**	120,5292 **	65,1000 **	50,4165 **	401,0032**		
RESÍDUO	54	35,4768	0,2653	0,4875	0,2640	0,3106	4,3987		

Tabela 3 - Altura das plantas (cm) aos 62 dias após emergência.
Médias de quatro repetições e médias gerais de tratamentos e variedades

TRATAMENTOS	VARIEDADES			MÉDIAS GERAIS DE TRATAMENTO
	BRAGG	PARANÁ	S. ROSA	
Ca(OH)_2 + F. monocálcico (T ₁)	126,25	114,75	112,25	117,75
Ca(OH)_2 + F. Alvorada (T ₂)	101,75	86,00	90,25	92,67
Ca(OH)_2 sem fosfato (T ₃)	91,00	66,00	75,25	77,42
F. monocálcico + Ca(OH)_2 (T ₄)	120,75	103,00	109,00	111,92
F. Alvorada + Ca(OH)_2 (T ₅)	96,75	93,25	87,00	92,33
Sem fosfato com Ca(OH)_2 (T ₆)	81,00	71,00	70,00	74,00
MÉDIAS GERAIS DE VARIEDADES	102,92	89,00	90,62	

Tukey 5%

D.M.S. para tratamentos dentro de variedades: 12,45

D.M.S. para variedades dentro de tratamentos: 10,16

D.M.S. para tratamentos (Geral) : 7,19

D.M.S. para variedades (Geral) : 4,15

Tabela 4 - Número de internódios aos 62 dias após a emergência
Médias de quatro repetições e médias gerais de tratamentos e variedades.

TRATAMENTOS	VARIEDADES			MÉDIAS GERAIS DE TRATAMENTOS
	BRAGG	PARANÁ	S. ROSA	
Ca(OH) ₂ + F. monocálcico (T ₁)	9,69	8,94	9,94	9,52
Ca(OH) ₂ + F. Alvorada (T ₂)	8,44	7,69	9,19	8,44
Ca(OH) ₂ sem fosfato (T ₃)	7,25	6,31	7,37	6,98
F. monocálcico + Ca(OH) ₂ (T ₄)	8,75	8,81	9,44	9,00
F. Alvorada + Ca(OH) ₂ (T ₅)	8,06	8,12	7,62	7,93
Sem fosfato com Ca(OH) ₂ (T ₆)	6,87	6,44	6,37	6,56
MÉDIAS GERAIS DE VARIEDADES	8,18	7,72	8,32	

Tukey 5%

D.M.S. para tratamentos dentro de variedades: 1,08

D.M.S. para variedades dentro de tratamentos: 0,88

D.M.S. para tratamentos (Geral) : 0,62

D.M.S. para variedades (Geral) : 0,36

Tabela 5 - Peso de folhas (g/vaso). Médias de quatro repetições e médias gerais de tratamentos e variedades.

TRATAMENTOS	VARIEDADES			MÉDIAS GERAIS DE TRATAMENTOS
	BRAGG	PARANÁ	S. ROSA	
Ca(OH)_2 + F. monocálcico (T ₁)	11,47	10,31	10,23	10,67
Ca(OH)_2 + F. Alvorada (T ₂)	5,45	5,30	6,11	5,62
Ca(OH)_2 sem fosfato (T ₃)	3,38	2,76	3,32	3,15
F. monocálcico + Ca(OH)_2 (T ₄)	7,17	8,52	7,47	7,72
F. Alvorada + Ca(OH)_2 (T ₅)	3,75	4,99	3,29	4,01
Sem fosfato com Ca(OH)_2 (T ₆)	2,30	2,40	1,91	2,20
MÉDIAS GERAIS DE VARIEDADES	5,59	5,71	5,39	

Tukey 5%

D.M.S. para tratamentos dentro de variedades: 1,46

D.M.S. para variedades dentro de tratamentos: 1,19

D.M.S. para tratamentos (Geral) : 0,84

D.M.S. para variedades (Geral) : 0,49

Tabela 6 - Peso de caules (g/vaso). Médias de quatro repetições e médias gerais de tratamentos e variedades.

TRATAMENTOS	VARIEDADES			MÉDIAS GERAIS DE TRATAMENTOS
	BRAGG	PARANÁ	S. ROSA	
Ca(OH)_2 + F. monocálcico (T_1)	8,19	8,70	6,59	7,83
Ca(OH)_2 + F. Alvorada (T_2)	3,54	3,71	3,79	3,68
Ca(OH)_2 sem fosfato (T_3)	2,43	1,86	1,82	2,04
F. monocálcico + Ca(OH)_2 (T_4)	4,98	5,70	4,37	5,02
F. Alvorada + Ca(OH)_2 (T_5)	2,65	3,19	2,14	2,66
Sem fosfato com Ca (T_6)	1,74	1,63	1,33	1,57
MÉDIAS GERAIS DE VARIEDADES	3,92	4,13	3,34	

Tukey 5%

D.M.S. para tratamentos dentro de variedades: 1,07

D.M.S. para variedades dentro de tratamentos: 0,88

D.M.S. para tratamentos (Geral) : 0,62

D.M.S. para variedades (Geral) : 0,36

Tabela 7 - Peso de raízes (g/vaso). Médias de quatro repetições e médias gerais de tratamentos e variedades.

TRATAMENTOS	VARIEDADES			MÉDIAS GERAIS DE TRATAMENTOS
	BRAGG	PARANÁ	S. ROSA	
Ca(OH)_2 + F. monocálcico (T_1)	7,24	7,11	7,49	7,28
Ca(OH)_2 + F- Alvorada (T_2)	3,71	4,77	4,33	4,27
Ca(OH)_2 sem fosfato (T_3)	2,39	3,29	2,22	2,63
F. monocálcico + Ca(OH)_2 (T_4)	3,32	5,47	3,54	4,11
F. Alvorada + Ca(OH)_2 (T_4)	1,61	3,79	1,94	2,45
Sem fosfato com Ca(OH)_2 (T_5)	1,06	2,02	1,33	1,47
MÉDIAS GERAIS DE VARIEDADES	3,22	4,41	3,47	

Tukey 5%

D.M.S. para tratamentos dentro de variedades: 1,16

D.M.S. para variedades dentro de tratamentos: 0,95

D.M.S. para tratamentos (Geral) : 0,67

D.M.S. para variedades (Geral) : 0,39

Fig. 1 - Desenvolvimento vegetativo da variedade Paraná (V_2) na testemunha (T_3) e na presença de fosfato Alvorada (T_2) e fosfato solúvel (T_1).

Fig. 2 - Desenvolvimento do sistema radicular da variedade Paranã na presença de fosfato solúvel (S.T.), fosfato Alvorada (F.A.) e na testemunha (T).

5.1.2.2. Número de internódios

Ao examinar-se as médias varietais da Tabela 4 em T₁, T₂ e T₃ é visível o menor número de internódios da variedade Paraná em relação as outras que não diferem entre si. No caso em que os fosfatos foram aplicados em solo ácido as variedades não diferiram entre si dentro de cada tratamento, possivelmente seja devido também ao Manganês, pois a desvantagem anterior da variedade Paraná foi diminuída pelo fato de absorver menos manganês que Bragg e Santa Rosa, como pode ser comprovado Nas Tabelas 2 e 4 do Apêndice.

BROWN e JONES (1977) ao estudarem a tolerância de algumas variedades de soja a Fe e Mn verificaram que as variedades Bragg e Forrest apresentaram sintomas mais severos de toxidez de manganês do que as outras testadas.

5.1.2.3. Peso de folhas

A análise comparativa entre as variedades dentro dos tratamentos na Tabela 5 indica diferenças significativas apenas nos tratamentos T₁, T₄ e T₅ e em cada tratamento a variedade Paraná quando não superou as demais apenas equiparou-se a elas estatisticamente.

5.1.2.4. Peso de caules

As variedades Bragg e Paraná comportaram-se de forma igual em cada um dos tratamentos sendo que Santa Rosa

foi inferior a elas apenas no tratamento T_1 pois em T_4 e T_5 apenas foi superada pela variedade Paraná e nos demais tratamentos não houve diferenças significativas entre as variedades, Tabela 6.

Uma análise conjunta dos pesos de folhas e de caules das três variedades dentro do fosfato solúvel (T_1) mostra que as variedades Bragg e Paraná superam Santa Rosa, o que é concordante com os resultados de KOLLING *et alii* (1976) ao testar algumas variedades entre as quais a Bragg constatou que esta juntamente com o Planalto apresentaram maior capacidade de resposta a altos níveis de fertilidade. A variedade Bragg não comportou-se de idêntica forma no fosfato solúvel do tratamento T_4 possivelmente devido a interferência do manganês e a sua maior capacidade de absorvê-lo do que as variedades Paraná e Santa Rosa.

A inexistência de diferenças significativas, tanto para folhas como para caules dentro do fosfato Alvorada no tratamento T_2 pode ser melhor ilustrado através da Figura 3 apesar da diferença de altura.

Por outro lado, as diferenças existentes entre variedades, para folhas e caules, dentro do fosfato Alvorada no tratamento T_5 não permite avaliação tendo em vista a interferência do Mn.

5.1.2.5. *Peso de raízes*

Quanto a esta característica vegetal observa-se na Tabela 7, que em nenhum dos tratamentos de solo a variedade Paraná ficou em condições de inferioridade às demais variedades e que em todos os tratamentos Bragg e Santa Rosa não diferiram entre si.

5.2. Avaliações químicas

5.2.1. *Avaliação dos tratamentos de solo sobre os teores de fósforo*

A análise de variância do teor de fósforo contido na parte aérea, Tabela 1, indica a existência de diferenças significativas entre os tratamentos dentro de cada variedade, entretanto o Teste de F não acusou diferenças significativas entre as variedades.

O mesmo tipo de análise para o fósforo no solo aos 30 e aos 240 dias de incubação, Tabela 8, mostrou diferenças significativas entre os tratamentos dentro dos extratores e também entre os extratores.

5.2.1.1. *Teor de fósforo contido na parte aérea vegetal*

As médias da Tabela 10 mostram que em todas as circunstâncias o fosfato monocálcico sobrepujou o fosfato

Fig. 3 - Desenvolvimento vegetativo das variedades; Bragg (V_1), Paraná (V_2) e Santa Rosa (V_3) cultivadas na presença do fosfato Alvorada (T_2).

Alvorada. O fosfato natural superou estatisticamente a testemunha somente quando foi aplicado no solo com a acidez corrigida, isto é, em T₂.

Esta vantagem a favor do fosfato solúvel se deve também a sua maior solubilidade. As comparações entre T₁, T₂ e T₃ com T₄, T₅ e T₆ avaliam o efeito das formas de aplicação do corretivo da acidez na disponibilidade de fósforo. Este elemento é absorvido na sua quase totalidade pelo processo de difusão que está na dependência da superfície radicular segundo Barber e Olson (1968), citados por MALAVOLTA (1976). Considerando-se o efeito do Mn no desenvolvimento radicular conforme a discussão na Tabela 7, fica impedido de se atribuir qualquer influência das formas de aplicação do Ca(OH)₂ na disponibilidade de fósforo.

5.2.1.2. *Fósforo do solo aos 30 dias de incubação*

Os dois tratamentos que receberam fosfato natural apresentaram teores mais elevados de P do que os que receberam fosfato solúvel quando se empregou os extratores ácidos de Mehlich e Bray 2, resultados que confirmam os obtidos por FEITOSA (1978). O mesmo autor atribui tal fato à dissolução dos fosfatos naturais por esses extratores causando uma superestimação dos teores disponíveis do elemento.

Quando se utilizou o método de Olsen, os teores

de fósforo foram superiores nos tratamentos com fosfato solúvel do que naqueles com fosfato Alvorada, reforçando mais uma vez os resultados de FEITOSA (1978). A natureza alcalina do extrator não tem o poder de dissolução dos fosfatos apatíticos, indicando teores de P mais baixo que nos tratamentos com fosfato solúvel, como pode ser observado na Tabela 11.

O efeito das maneiras de aplicação do corretivo da acidez na solubilização do fosfato natural, pode ser observado na comparação de T₂ com T₅, e percebe-se que não houve diferença nos extratores ácidos, ao passo que através do método de Olsen é evidente a influência da acidez do solo na solubilização do fosfato natural durante o período de incubação. JUO e KANG (1979) ao estudarem a influência da calagem na solubilização de fosfatos de rocha, em solos africanos verificaram que onde não se corrigiu a acidez houve maior solubilização do fosfato de rocha.

Tabela 8 - Análise de variância do P no solo aos 30 e 240 dias de incubação, com desdobramento do número de graus de liberdade de tratamentos e da interação.

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADOS	MÉDIOS
		P do solo aos 30 dias de incubação	P do solo aos 240 dias de incubação
Tratamentos d. E ₁	5	1.256,9420**	946,6925**
Tratamentos d. E ₂	5	626,5985**	525,9875**
Tratamentos d. E ₃	5	405,4535**	61,8899**
Extratores (E)	2	864,7382**	2.338,2759**
Resíduo	54	3,1005	2,3055
C. V. %		8,1281	8,7153

Tabela 9 - Análise da variância do P no solo aos 30 e 240 dias de incubação, com desdobramento do número de graus de liberdade de extratores e da interação.

CAUSA DA VARIAÇÃO	G.L.	QUADRADOS	MÉDIOS
		P do solo aos 30 dias de incubação	P do solo aos 240 dias de incubação
Extratores d. T ₁	2	22,9258**	334,1430**
Extratores d. T ₂	2	1.558,9337**	1.416,8153**
Extratores d. T ₃	2	0,7583n.s.	15,7980**
Extratores d. T ₄	2	34,9680**	433,2021**
Extratores d. T ₅	2	898,6487**	1.664,2252**
Extratores d. T ₆	2	0,6475n.s.	14,4078**
Tratamentos	5	1.653,9974**	1.100,4438**
Resíduo	54	3,1005	2,3055

Tabela 10 - Teor de fósforo (mg/vaso) contido na parte aérea vegetal. Médias de quatro repetições e médias gerais de tratamentos e variedades.

TRATAMENTOS		VARIEDADES			MÉDIAS GERAIS DE TRATAMENTOS
		BRAGG	PARANÁ	S. ROSA	
Ca(OH)_2 + F. monocálcico	(T ₁)	19,61	19,32	16,68	18,54
Ca(OH)_2 + F. Alvorada	(T ₂)	10,55	9,04	11,60	10,40
Ca(OH)_2 sem fosfato	(T ₃)	5,98	3,52	6,46	5,32
F. monocálcico + Ca(OH)_2	(T ₄)	11,31	11,96	13,52	12,26
F. Alvorada + Ca(OH)_2	(T ₅)	6,13	6,14	4,84	5,70
Sem fosfato com Ca(OH)_2	(T ₆)	3,42	2,66	2,13	2,74
MÉDIAS GERAIS DE VARIEDADES		9,50	8,77	9,20	

Tukey 5%

D.M.S. para tratamentos dentro de variedades: 4,38

D.M.S. para variedades dentro de tratamentos: 3,58

D.M.S. para tratamentos (Geral) : 2,53

D.M.S. para variedades (Geral) : 1,46

Tabela 11 - Fósforo do solo (ppm P) aos 30 dias de incubação em condições de pH 6,5 (T₁, T₂ e T₃) e de pH 5,0 (T₄, T₅ e T₆). Médias de quatro repetições e médias gerais de tratamentos e extratores.

TRATAMENTOS	EXTRATORES			MÉDIAS GERAIS DE TRATAMENTOS
	MEHLICH	BRAY-2	OLSEN	
Ca(OH) ₂ + F. monocálcico (T ₁)	29,00	24,25	26,09	26,45
Ca(OH) ₂ + F. Alvorada (T ₂)	47,30	34,19	8,76	30,08
Ca (OH) ₂ sem fosfato (T ₃)	6,37	5,97	6,84	6,39
F. monocálcico (T ₄)	32,37	26,55	29,92	29,61
F. Alvorada (T ₅)	44,12	32,67	14,96	30,58
Sem fosfato (T ₆)	6,72	6,52	7,30	6,85
MÉDIAS GERAIS DE EXTRATORES	27,65	21,69	15,64	

Tukey 5%

D.M.S. para tratamentos dentro de extratores: 3,68

D.M.S. para extratores dentro de tratamentos: 3,00

D.M.S. para tratamentos (Geral) : 2,12

D.M.S. para extratores (Geral) : 1,23

Tabela 12 - Fósforo do solo (ppm P) aos 240 dias de incubação.
Médias de quatro repetições e médias gerais de
tratamentos e extratores.

TRATAMENTOS	EXTRATORES			MÉDIAS GERAIS DE TRATAMENTOS
	MEHLICH	BRAY-2	OLSEN	
Ca(OH)_2 + F. monocálcico (T_1)	28,56	26,29	11,72	22,19
Ca(OH)_2 + F. Alvorada (T_2)	39,15	31,02	3,26	24,48
Ca(OH)_2 sem fosfato (T_3)	5,73	6,21	2,55	4,83
F. monocálcico + Ca(OH)_2 (T_4)	28,98	27,06	10,40	22,15
F. Alvorada + Ca(OH)_2 (T_5)	40,63	29,29	6,20	25,37
Sem fosfato com Ca(OH)_2 (T_6)	6,56	7,15	3,32	5,68
MÉDIAS GERAIS DE EXTRATORES	24,93	21,17	6,24	

Tukey 5%

D.M.S. para tratamentos dentro de extratores: 3,17

D.M.S. para extratores dentro de tratamentos: 2,59

D.M.S. para tratamentos (Geral) : 1,83

D.M.S. para extratores (Geral) : 1,06

5.2.1.3. Fósforo do solo aos 240 dias de incubação

Observando-se a Tabela 12 e a Figura 4 verifica-se que ao final deste período o fósforo do solo extraído pelos extratores em uso, teve um comportamento geral semelhante àquele encontrado aos 30 dias de incubação.

5.2.2. Comparação entre variedades

A análise da variância para o teor de fósforo contido na parte aérea, Tabela 2, indica a inexistência de diferença significativa entre as variedades dentro de cada tratamento.

Embora o teste de Tukey na Tabela 10, confirme a previsão feita pela análise de variância, as comparações relativas da absorção de fósforo na Figura 5 possibilita uma análise sob outro prisma de observação.

Onde os fosfatos foram incubados em pH 6,5 (T_1 , T_2 e T_3), as absorções relativas de Bragg e Santa Rosa no fosfato Alvorada foram cerca de 1,6 vezes a testemunha ao passo que a variedade Paraná absorveu em torno de 2,4 vezes.

Onde os fosfatos foram incubados em pH 5 (T_4 , T_5 e T_6) a situação se repete, com sensível modificação apenas na Santa Rosa que tendeu se aproximar da variedade Paraná.

5.2.3. Comparação entre extratores

A análise de variância para o fósforo do solo somente não foi significativa no caso dos extratores dentro das testemunhas, aos 30 dias de incubação cujos resultados se acham na Tabela 9.

5.2.3.1. Fósforo do solo aos 30 dias de incubação

A comparação entre as médias da Tabela 11 revela os métodos de Mehlich e de Olsen como os de maior poder de extração de fósforo nos tratamentos com fosfato solúvel. Onde se utilizou fosfato natural os extratores obedeceram a seguinte colocação em ordem decrescente de extração: Mehlich, Bray-2 e Olsen. O último método mostrou-se o menos eficaz na recuperação do fósforo onde se usou fosfato natural, não significando contudo que seja o menos eficiente na estimativa do fósforo disponível à planta. SFREDO *et alii* (1979) comparando cinco extratores em fosfato natural obteve menor capacidade de recuperação de P com o método de Olsen do que Mehlich e Bray-2.

Nas testemunhas os extratores não diferiram entre si.

Figura 4 - Fósforo extraído do solo aos 240 dias de incubação, nos tratamentos; T1, T2, T3, T4, T5 e T6 usando-se os extratores de Mehlich, Bray-2 e Olsen. Médias de quatro repetições.

Figura 5 - Porcentagem de absorção, relativa de fósforo pela parte aérea das variedades; V₁, V₂ e V₃ nos tratamentos T₁, T₂, T₃ e T₄, T₅, T₆ em relação aos tratamentos sem fosfato tomados como 100%.

5.2.3.2. *Fósforo do solo aos 240 dias de incubação*

Comparando-se os extratores na Tabela 12, nos tratamentos com fosfato natural a situação é idêntica àquela aos 30 dias de incubação, porém, nos tratamentos T₁, T₃, T₄ e T₆ houve um decréscimo na extração de fósforo pelo método de Olsen neste período.

5.3. *Estudo da correlação entre extratores e produção de matéria seca*

5.3.1. *Matéria seca da parte aérea*

Os gráficos das figuras 6 e 7 ilustram a ausente e inexpressiva correlação do fósforo extraído do solo com as produções de matéria seca da parte aérea das variedades Bragg, Paraná e Santa Rosa, quando se utilizou os extratores de Mehlich e Bray-2. Estes métodos acusaram elevados teores de fósforo onde se usou fosfato natural, porém a planta pouco aproveitou, pois não houve correspondência na produção.

Muito embora o método de Olsen tenha se mostrado o menos capaz em extrair fósforo (Tabela 12), foi ele que possibilitou a melhor correlação entre o fósforo do solo e a produção de matéria seca, é o que mostram os gráficos da Figura 8.

5.3.2. *Matéria seca radicular*

Uma apreciação das Figuras 9, 10 e 11 revela que as correlações com a matéria seca de raízes foi similar às anteriores obtidas com a produção da parte aérea.

FÓSFORO DO SOLO (ppm P) NO TRANSPLANTE - MÉTODO DE MEHLICH

Figura 6 - Correlação entre o P do solo nos tratamentos; F. monocálcico (T1), F. Alvorada (T2) e testemunha (T3) incubados em pH 6,5 e F. monocálcico (T4), F. Alvorada (T5) e testemunhas (T6) incubados em pH 5,0, com a matéria seca da parte aérea das variedades Bragg (V1), Paraná (V2) e Santa Rosa (V3).

Figura 7 - Correlação entre o P do solo nos tratamentos; F. monocálcico (T₁), F. Alvorada (T₂) e Testemunha (T₃) incubados em pH 6,5 e F. monocálcico (T₄), F. Alvorada (T₅) e Testemunha (T₆) incubados em pH 5,0, com a matéria seca da parte aérea das variedades Bragg (V₁), Paraná (V₂) e Santa Rosa (V₃).

Figura 8 - Correlação entre o P do solo nos tratamentos; F. monocálcico (T₁), F. Alvorada (T₂) e Testemunha (T₃) incubados em pH 6,5 e F. monocálcico (T₄), F. Alvorada (T₅) e Testemunha (T₆) incubados em pH 5,0, com a matéria seca da parte aérea das variedades Bragg (V₁), Paraná (V₂) e Santa Rosa (V₃).

FÓSFORO DO SOLO (ppm P) NO TRANSPLANTE - MÉTODO DE MEHLICH

Figura 9 - Correlação entre o P do solo nos tratamentos; F. monocalcico (T1), F. Alvorada (T2) e Testemunha (T3) incubados em pH 6,5 e F. monocalcico (T4), F. Alvorada (T5) e Testemunha (T6) incubados em pH 5,0, com a matéria seca radicular das variedades Bragg (V1), Paraná (V2) e Santa Rosa (V3).

Figura 10 - Correlação entre o P do solo nos tratamentos; F. monocalcico (T₁), F. Alvorada (T₂) e Testemunha (T₃) incubados em pH 6,5 e F. monocalcico (T₄), F. Alvorada (T₅) e Testemunha (T₆) incubados em pH 5,0, com a matéria seca radicular das variedades Bragg (V₁), Paraná (V₂) e Santa Rosa (V₃).

FÓSFORO DO SOLO (ppm P) NO TRANSPLANTE - MÉTODO DE OLSEN

Figura 11 - Correlação entre o P do solo nos tratamentos; F. monocálcico (T₁), F. Alvorada (T₂) e T-stemunha (T₃) incubados em pH 6,5 e F. monocálcico (T₄), F. Alvorada (T₅) e Testemunha (T₆) incubados em pH 5,0, com a matéria seca radicular das variedades Bragg (V₁), Paraná (V₂) e Santa Rosa (V₃).

6. CONCLUSÕES

Para as condições em que o trabalho experimental foi conduzido pode-se enumerar as seguintes conclusões:

- 6.1. A variedade Paraná apresenta maior sensibilidade ao elemento fósforo do que as variedades Bragg e Santa Rosa.
- 6.2. O fosfato natural empregado (fosfato Alvorada) é menos eficiente que o fosfato solúvel (fosfato monocalcico) quanto ao fornecimento de fósforo para as três variedades estudadas.
- 6.3. Existe influência da acidez do solo no aumento da solubilização do fosfato natural determinada através do método de Olsen.
- 6.4. Quanto aos extratores de fósforo, os métodos de Mehlich e Bray-2 são mais potentes na solubilização do fosfato natural do que o método de Olsen, porém,

este apresenta as melhores correlações com a produção vegetal de matéria seca.

7. SUMMARY

A greenhouse pot-experiment was conducted with following purposes: a) To study the phosphorus uptake differences among soybeans varieties (*Glycine max* (L.) Merrill). b) To compare the phosphorus supplying effectiveness of rock phosphate (Alvorada Phosphate) and soluble phosphate (Monocalcium Phosphate) to the plant. c) To verify the influence of soil acidity on the natural phosphate solubilization. d) To test the following P-extractants: Mehlich, Bray-2 and Olsen about the best correlation with the vegetal dry matter production.

The experiment was conducted using a Podzólico Vermelho Amarelo, variação Piracicaba, serie Godinhos Soil (PVA) with the treatments: Monocalcium Phosphate (T₁), Alvorada Phosphate (T₂) and the check (T₃), all incubated at pH 6.5; Monocalcium Phosphate (T₄), Alvorada Phosphate (T₅) and the check (T₆), all incubated at pH 5.0 followed by immediate correction of soil acidity for planting. It was planted three

soybeans varieties: Bragg (V_1), Paran (V_2) and Santa Rosa (V_3). The phosphorus extracting methods were Mehlich, Bray-2 and Olsen (modified).

Besides chemical analysis in plants and soil, it was proceeded biological evaluations through plants height, number of inter-nodes, and weights of stems, leaves and roots after 62 days of emergence.

The data obtained under the experimental conditions permitted the following conclusions:

- Paran variety is more sensible to phosphorus than the others studied.
- Alvorada Phosphate is less efficient in supplying phosphorus to plants than Monocalcium Phosphate.
- The Olsen method (modified) best correlects with vegetal dry matter production.
- The soil acidity increases the solubilization of Alvorada Phosphate.

8. LITERATURA CITADA

- ABRÃO, J.R., 1975. Efeito da aplicação de fósforo de diferentes fosfatadas sobre a produção de soja. *Ata da III Reunião Conjunta de Pesquisa da Soja - RS/SC*. Porto Alegre - RS. 89-90.
- AMES, J.W. e K. KITSUTA, 1931. Availability of rock phosphate as indicated by Phosphorus assimilation of plants. *Journal of the American Society of Agronomy*. New York, 103-122.
- ANDA, 1975. *Manual de Adubação*. 2.^a Ed. São Paulo, ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. 346 p.
- ANGHINONI, I., 1974. Avaliação da disponibilidade do fósforo para os solos do Rio Grande do Sul. *Agronomia Sul Riograndense*. Porto Alegre, 10:127-136.
- ARMIGER, W.H. e F. MAURICE, 1957. The plant availability of various sources of phosphate rock. *Soil Science Society Proceedings*. Madison, Wisconsin, 21:183-188.

- BARTHOLOMEU, R.P., 1937. Availability of phosphate rocks in soils of varying degrees of acidity. *Journal of the American Society of Agronomy*. New York, 293-298.
- BATAGLIA, O.C.; H.A.A. MASCARANHAS e O. TISSELLI FILHO, 1977. Competição mineral das sementes de nove cultivares de soja. *Bragantia*. Campinas, 36:XLVII-L.
- BENNETT, O.L.; L.E. ENSMINEER e R.W. PEARSON, 1957. The availability of phosphorus in various sources of rock phosphate as shown by greenhouse studies. *Soils Science Society Proceedings*. Madison, Wisconsin, 21:521-524.
- BRAGA, J.M., 1970. Boletim Técnico nº 21 - Universidade Federal de Viçosa, 61 p.
- BRAGA, N.R.; H.A.A. MASCARANHAS; C.T. FEITOSA; R. HIROCE e B. van RAIJ, 1978. Efeito de diversos fosfatos sobre o crescimento e produção de soja. *XIII Reunião da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*. Goiania, 9 p.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; F.A.F. MELLO e T. COURY, 1965. Estudo sobre a solubilidade de fosfatos em ácido cítrico a 2%. *Anais da ESALQ*. Piracicaba, XXII:104-109.
- BRAY, R.H. e L.T. KURTZ, 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci*, 59: 39-45.

- CAMPELO, G.J.; J. MIELNICZUK e P.R.F. SILVA, 1975. Efeito na calagem e da adubação fosfatada no rendimento de grãos, componentes do rendimento e outras características agronômicas em duas cultivares de soja. *Ata da III Reunião Conjunta de Pesquisa da Soja*, RS/SC. Porto Alegre. p. 136.
- CHIEN, S.H., 1978. Interpretation of Bray-I-Extractable phosphorus from acid soil treated with phosphate rocks. *Soil Science*. 126:34-39.
- CORDEIRO, D.S.; D. POTTKE; C.M. BORKERT; G.J. SFREDO; A.N. MESQUITA; R.C. DITRICH e J.B. PALHANO, 1979. Efeito de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico da soja na Região de Dourados (MS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, 3:100-105.
- DEMATTE, J.L.K.; A.C. MONIZ e J.E.S. PESSOTTI, 1977. Solos originados de sedimentos do grupo geológico Estrada Nova, Município de Piracicaba. II-Classificação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, 147-51.
- DE MOOY, C.J.; J. PESEK e E. SPALDON, 1973. Mineral nutrition. In: HAMILTON, H., Editor *SOYBEANS: Improvement, Production and Uses*. Madison, Wisconsin, USA, American Society of Agronomy. 16:267-352.
- EPSTEIN, E., 1975. *Nutrição Mineral das Plantas - Princípios e Perspectivas*. Trad. Notas de E. Malavolta. Livros Técnicos e Científicos Ed. A.S. e Ed. da USP, São Paulo, 341 p.

- FARIA, C.M.B. e J.R. PEREIRA., 1979. Influência de níveis e épocas de aplicação de fósforo na produção de culturas em um sistema de rotação e nos teores de fósforo de dois solos do Vale do Submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, 3:97-100.
- FEITOSA, C.T. e B. van RAIJ, 1976. Influência da natureza de fosfatos aplicados a dois solos no fósforo solúvel em extratores químicos e disponível para trigo e milho. In: *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XV*, Campinas-SP Soc. Bras. Ciência do Solo. p. 215-220.
- FEITOSA, C.T., 1978. Avaliação da disponibilidade do fósforo aplicado ao solo na forma de diferentes fosfatos. Piracicaba, ESALQ/USP, 81 p. (Tese de Mestrado).
- FÜLEKY, Gy., 1978. Available phosphorus content of soil affected by P fertilization and its change in time. *Commun. in Soil Science and Plant Analysis*. 9:851-863.
- GOMES, F.P., 1966. *Curso de Estatística Experimental*. Gráfica Benetti Ltda-São Paulo. 404 p.
- GOEPPERT, C.F., 1975. Efeito da aplicação de fósforo em diferentes fontes fosfatadas sobre a produção de soja. In: *Ata da III Reunião Conjunta de Pesquisa da Soja, RS/SC*. Porto Alegre-RS, p. 119.

- GOEPFERT, C.F., 1975. Experimentos de fósforo em adubação de correção e de manutenção na cultura da soja. *In: Ata da III Reunião Conjunta de Pesquisa da Soja*, RS/SC. Porto Alegre, p. 123.
- GOEPFERT, C.F.; E. HILGERT; R.L. de MOURA; A. TEDESCO e O. SALIM, 1976. Avaliação da eficiência de cinco adubos fosfatados em três solos ácidos do Rio Grande do Sul. *Agronomia Sul Riograndense*. Porto Alegre, 12:179-188.
- HANSON, R.G., 1979. Soybeans need phosphorus for adequate nodulation. *Better Crops with Plant Food*. p. 26-27.
- HORTENSTINE, C.C., 1966. Phosphorus fixation and phosphorus fraction in sandy soils. *Soils and Crop Science Society of Florida*. Gainesville-Florida, USA, 26:136-142.
- INFORZATO, R. e H.A.A. MASCARANHAS, 1969. Estudo do sistema radicular da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em solo latossolo roxo adubado ou sem adubo. *Bragantia*. Campinas, 28: 175-180.
- JUO, A.S.R. e B. T. KANG, 1979. Effect of liming on the availability of three rock phosphate sources in two West African Ultissols. *Commun. in Soil Science and Plant Analysis*. New York, 10:993-1003.
- KAMPRATH, E.J., 1976. Phosphorus fixation and availability in high weathered soils. *IV Simposio sobre o Cerrado*. São Paulo-EDUSP, 38:333-347.

- KOLTING, J.; E.R. HILGERT; J.R..J. FREIRE; J.S. PEREIRA e N.G. MENDES, 1976. Comportamento de variedades de soja em resposta à calagem e adubações fosfatadas e potássica-4º ano. *IV Reunião Conjunta de Pesquisa da Soja*, RS/SC. Santa Maria - RS.
- LARSEN, S., 1967. Soil phosphorus. In: Norman, A.G. Editor. *Advances in Agronomy*. New York, American Society of Agronomy. 19:151-210.
- LEPSH, I.F. e S.W. BUOL, 1974. Investigation in an Oxisol - Ultisol in São Paulo State, Brazil. *Soil Science Society of America Proceedings*. Madison, Wisconsin, 38:491-496.
- LUTZ, J.A. Jr., 1971. Comparison of partially acidulated rock phosphate and concentrated superphosphate as sources of phosphorus for corn. *Agronomy Journal*. Madison, Wisconsin, 63:919-922.
- LUTZ, J.A. Jr., 1973. Effect of partially acidulated rock phosphate and concentrated superphosphate on yield and chemical composition of alfafa and orchardgrass. *Agronomy Journal*, Madison, Wisconsin, 65:286-289.
- MALAVOLTA, E.; H.P. HAAG; F.A.F. Mello e M.O.C. BRASIL SOBRINHO, 1974. *Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas*. Livraria Pioneira Editora. 727 p.
- MALAVOLTA, E., 1976. *Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo*. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres Ltda. 528 p.

- MASCARANHAS, H.A.A.; S. MIYASAKA; N.R. BRAGA; M.A.C. MIRANDA e O. T. FILHO, 1977. Calagem e adubação da soja. In: *FUNDAÇÃO CARGIL. A Soja no Brasil Central*. p. 87-138.
- MASCARANHAS, H.A.A.; e R.A.S. KIIHL, 1974. Observações preliminares sobre o efeito da adubação fosfatada na produção de soja em Latossolo Roxo distrófico. *Bragantia*. Campinas, 33:LXVII-LXX.
- McLEAN, E.O. e R.W. WHEELER, 1964. Partially acidulated rock phosphate as a source of phosphorus to plants: I. Growth chamber studies. *Soils Science Society Proceedings*. Madison, Wisconsin. p. 545-550.
- McLEAN, E.O.; R.W. WHEELER e J.D. WATSON, 1965. Partially acidulated rock phosphate as a source of phosphorus to plants: growth chamber and field corn studies. *Soils Science Society Proceedings*. Madison, Wisconsin, 29:625-628.
- MOURA, R.L.L. de; C.F. GOEPFERT; J. FERES e E.R. HILGERT, 1976. Comportamento de linhagens de soja em diferentes níveis de fertilidade em solo Passo Fundo. *IV Reunião Conjunta de Pesquisa de Soja RS/SC*. Santa Maria.
- MUZILLI, O. e J.B. PALHANO, 1976. Curvas de respostas da cultura de soja à adubação fosfatada e potássica em solos do Estado do Paraná. Informe Preliminar. Programa Soja do IAPAR-Londrina.

- NELSON, W.L.; A. MEHLICH e E. WINTERS, 1953. The development evaluation an use of soil testes for phosphorus availability. In: Pierre & Norman, Eds. - Soil and Fertilizer Phosphorus. *Agronomy*, 4:153-188.
- NICHOLS, J.D.; G.M. PHIBBS e L.W. REED, 1960. Effect of nitrogen sulphur, and lime on utilization of rock phosphate by alfafa. *Agronomy Journal*. Madison, Wisconsin, 52:254-257.
- NOVAIS, R.F. e E.J. KAMPRATH, 1979. Fósforo recuperado em três extratores químicos como função do fósforo aplicado no solo e do "Fator Capacidade". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, 3:41-46.
- OLSEN, S.; C.V. COLE; F.S. WATANABE e L.A. DEAN, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA (Circ. 939).
- PAIVA LIMA, L.A.; C. VIEIRA; T. SEDIYAMA e C.S. SEDIYAMA, 1974. Resposta diferencial de quatro variedades de soja à adubação fosfatada e potássica, em três localidades do Estado de Minas Gerais. *Experientiae*. Viçosa, 17:64-83.
- PEREIRA, J.R. e C.M.B. FARIA, 1978. Disponibilidade de fósforo, aplicado em um vertissolo do médio São Francisco, avaliada por métodos químicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, 2:125-128.
- RANZANI, G.; O. FREIRE e T. KINJO, 1966. Carta de Solos do Município de Piracicaba. 85 p. (mimeografado).

- ROSCOE, E.Jr.; M.A. QUARDER e E. TRVOG, 1955. Rock phosphate availability as influenced by soil pH *Soils Science Society Proceedings*. Madison, Wisconsin, p. 484-487.
- SFREDO, G.J.; C.M. BORKERT; D.S. CORDEIRO, J.B. PALHANO e R.C. DITTRICH, 1979. Comparação de cinco extratores de fósforo do solo, considerando-se o tempo de incorporação de três adubos fosfatados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, 3:111-115.
- TERMAN, G.L.; E.C. MORENO e O. GLEN, 1964. Acidulation of phosphate rock in soil. *Soils Science Society Proceedings*. Madison, Wisconsin, p. 104-107.
- Van RAIJ, B., 1978. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Campinas, 2:1-9.
- VIANNA, A.C.T.; H.D. CASALINHO e M.O. MACHADO, 1977. Estudo do comportamento da soja diante da aplicação de várias fontes de adubos fosfatados em solo vermelho amarelo podzólico. *V Reunião Conjunta da Pesquisa da Soja da Região Sul*. Pelotas, RS.
- VOLK, G.W., 1943. Availability of rock and other phosphate fertilizers as influenced by lime and form of nitrogen fertilizer. *Journal of the American Society of Agronomy*. New York, 36:47-56.

VOLKWEISS, S.J. e B. Van RAIJ, 1977. Retenção e disponibilidade de fósforo em solo. *IV Simpósio sobre o Cerrado - Bases para a Utilização Agropecuária*. Belo Horizonte, 317-332.

A P P E N D I C E

Tabela 1 - Teores médios percentuais de alguns macronutrientes no tecido foliar das variedades de soja nos tratamentos de solo.

ELE- MEN- TOS	VARIEDADES	T R A T A M E N T O S					
		INCUBADOS EM pH 6,5			INCUBADOS EM pH 5,0		
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
N	BRAGG	2,73	3,59	3,19	4,37	4,19	4,05
	PARANÁ	2,48	2,74	3,05	3,80	4,38	4,22
	SANTA ROSA	2,55	3,14	3,81	4,71	4,22	4,34
P	BRAGG	0,12	0,14	0,13	0,10	0,12	0,10
	PARANÁ	0,12	0,12	0,08	0,10	0,08	0,08
	SANTA ROSA	0,11	0,14	0,13	0,11	0,11	0,07
K	BRAGG	1,11	1,41	1,45	1,16	1,30	1,06
	PARANÁ	1,24	1,29	1,22	0,99	0,84	0,74
	SANTA ROSA	1,14	1,31	1,60	1,12	1,29	0,92
Ca	BRAGG	1,63	1,53	1,79	1,78	1,92	1,63
	PARANÁ	1,19	1,42	1,70	1,50	1,72	1,58
	SANTA ROSA	1,34	1,43	1,49	1,61	1,73	1,16
Mg	BRAGG	0,52	0,53	0,70	0,56	0,67	0,57
	PARANÁ	0,35	0,47	0,62	0,48	0,56	0,62
	SANTA ROSA	0,40	0,49	0,62	0,56	0,63	0,53

T₁ e T₄ : Fosfato Monocálcico

T₂ e T₅ : Fosfato Alvorada

T₃ e T₆ : Testemunhas

Tabela 2 - Teores médios (ppm) de alguns micronutrientes no tecido foliar das variedades de soja nos tratamentos de solo.

ELE- MEN- TOS	VARIEDADES	T R A T A M E N T O S					
		INCUBADOS EM pH 6,5			INCUBADOS EM pH 5,0		
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Zn	BRAGG	85	68	73	73	79	93
	PARANÁ	65	64	60	60	70	71
	SANTA ROSA	57	91	85	85	81	86
Fe	BRAGG	275	320	450	437	463	552
	PARANÁ	153	127	181	189	215	338
	SANTA ROSA	138	201	203	305	285	360
Mn	BRAGG	304	241	419	447	615	658
	PARANÁ	136	124	159	202	245	356
	SANTA ROSA	159	157	191	258	303	238

T₁ e T₄ : Fosfato monocálcico

T₂ e T₅ : Fosfato Alvorada

T₃ e T₆ : Testemunhas

Tabela 3 - Teores médios percentuais de alguns macronutrientes no caule das variedades de soja nos tratamentos de solo.

ELE- MEN- TOS	VARIEDADES	T R A T A M E N T O S					
		INCUBADOS EM pH 6,5			INCUBADOS EM pH 5,0		
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
N	BRAGG	1,43	2,26	3,05	3,48	3,59	4,35
	PARANÁ	0,94	1,73	3,18	2,88	3,32	3,85
	SANTA ROSA	1,19	1,34	2,90	2,85	3,54	4,56
P	BRAGG	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
	PARANÁ	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,04
	SANTA ROSA	0,07	0,08	0,11	0,07	0,06	0,05
K	BRAGG	0,71	1,02	0,90	0,60	0,94	0,92
	PARANÁ	0,75	0,91	0,71	0,49	0,51	0,50
	SANTA ROSA	0,85	0,95	1,14	0,76	0,92	0,74
Ca	BRAGG	0,69	0,96	0,99	0,89	0,96	0,92
	PARANÁ	0,65	0,65	1,00	0,74	0,87	0,81
	SANTA ROSA	0,77	0,93	1,15	0,92	0,95	0,83
Mg	BRAGG	0,40	0,54	0,49	0,51	0,57	0,58
	PARANÁ	0,35	0,34	0,43	0,40	0,44	0,46
	SANTA ROSA	0,33	0,39	0,48	0,41	0,42	0,38

Tabela 4 - Teores médios (ppm) de alguns micronutrientes no caule das variedades de soja nos tratamentos de solo.

ELE- MEN- TOS	VARIEDADES	T R A T A M E N T O S					
		INCUBADOS em pH 6,5			INCUBADOS em pH 5,0		
		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
Zn	BRAGG	14,75	29,50	27,75	16,50	28,00	28,00
	PARANÁ	15,50	19,00	28,50	18,00	18,00	21,75
	SANTA ROSA	24,25	19,00	43,75	22,25	28,75	38,00
Fe	BRAGG	66,25	76,50	85,50	96,75	112,25	143,25
	PARANÁ	48,75	47,50	69,00	69,50	62,50	77,25
	SANTA ROSA	64,75	47,00	92,50	62,75	70,75	95,50
Mn	BRAGG	59,25	61,75	84,75	88,50	215,00	386,75
	PARANÁ	32,50	26,50	28,75	50,50	63,25	132,00
	SANTA ROSA	33,75	26,25	63,00	76,00	94,25	143,00

Tabela 5 - Teores críticos de nutrientes contidos nas folhas mais jovens e maduras de soja no final de floração (J.B. JONES, 1966 a 1968).

Elementos	Deficiente	Baixo	Suficiente	Alto	Excesso
	%				
N	< 4,00	4,0 - 4,5	4,51-5,50	5,51-3,0	> 7,0
P	< 0,15	0,16-0,25	0,26-0,50	0,5 - 0,8	> 0,8
K	< 1,25	1,12-1,70	1,71-2,50	2,51-2,75	> 2,75
Ca	< 0,20	0,21-0,35	0,36-2,00	2,01-3,00	> 3,00
Mg	< 0,10	0,11-0,25	0,26-1,00	1,01-1,50	> 1,51
	ppm				
Mn	< 14	15- 20	21-100	101-250	> 250
Fe	< 30	31- 50	51-350	350-500	> 500
B	< 10	11- 20	21- 55	56- 80	> 80
Cu	< 4	5- 9	10- 30	31- 50	> 50
Zn	< 10	11- 20	21- 50	50- 75	> 75
Mo	< 0,4	0,5 - 0,9	1,0 - 5,0	5,1 - 10	> 10
Al	< -	-	< 200	201-400	> 400